

**POTENSI BAKTERI RIZOSFER SEBAGAI ANTAGONIS
DALAM MENGENDALIKAN PENYAKIT LAYU BAKTERI
Ralstonia solanacearum PADA TANAMAN TOMAT**

Oleh

MARATUS NOER FITRIANA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

**POTENSI BAKTERI RIZOSFER SEBAGAI ANTAGONIS
DALAM MENGENDALIKAN PENYAKIT LAYU BAKTERI
Ralstonia solanacearum PADA TANAMAN TOMAT**



Oleh

MARATUS NOER FITRIANA

155040201111137

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

MALANG

2019

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana disuatu Perguruan Tinggi serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali yang tertulis di dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2019

Maratus Noer Fitriana



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Potensi Bakteri Rizosfer sebagai Antagonis dalam
Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri *Ralstonia*
Solanacearum pada Tanaman Tomat

Nama Mahasiswa : Maratus Noer Fitriana

NIM : 155040201111137

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,



Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS.
NIP. 19550821 198702 1 002



Restu Rizkyta Kusuma, SP., MSc.
NIK. 201409 880504 2 001

Diketahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 1955 1018 1986012 001

Tanggal Persetujuan: 24 JUL 2019

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



Lugman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph.D
NIP. 19720919 199802 1 001

Penguji II



Restu Rizkyta Kusuma, SP., MSc.
NIK. 201409 880504 2 001

Penguji III



Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS.
NIP. 19550821 198002 1 002

Penguji IV



Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si.
NIK. 201405 770415 11 001

Tanggal Lulus : 01 AUG 2019

{QS. Al-Baqarah: 216}

"Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui."



Terimakasih kepada

Ayah, Ibu, dan Adik tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan dan kasih sayang yang dicurahkan selama ini.

Sahabat tercinta yang selalu menemani, memberikan semangat dan doa dari jauh, Bardianing, Redina, Mutiara, Prakasa, Fauzi, dan Rizky.

Sahabat tercinta yang selalu memberikan bantuan dan dukungan, Kurnia, Husna, Wijayanti, Wenny, Purba, Daniyah, dan Tachul.

Teman-teman satu bimbingan ALA Squad dan satu Laboratorium yang selalu membantu memberikan informasi terkait penelitian hingga penyelesaian skripsi.

Teman-teman selama perkuliahan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dan....

Terimakasih Brawijaya.

RINGKASAN

Maratus Noer Fitriana. 15504020111137. Potensi Bakteri Rizosfer sebagai Antagonis dalam Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri *Ralstonia solanacearum* pada Tanaman Tomat. Dibawah bimbingan Abdul Latief Abadi sebagai pembimbing utama dan Restu Rizkyta Kusuma sebagai pembimbing pendamping.

Tomat merupakan salah satu komoditas sayuran yang banyak dibutuhkan oleh masyarakat di Indonesia. Akan tetapi, dengan tingginya permintaan pasar tidak diimbangi dengan kualitas yang dihasilkan. Salah satu kendala yang mempengaruhi adalah serangan penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh bakteri *Ralstonia solanacearum*. Penyakit tersebut merupakan salah satu penyakit penting tanaman tomat di Indonesia. Upaya pengendalian penyakit yang dapat dilakukan dengan memanfaatkan agens antagonis yang berada di daerah rizosfer. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan bakteri rizosfer pertanaman polikultur kopi dan pinus serta rizosfer pertanaman polikultur pinus dan wortel di Hutan Pendidikan UB Forest yang berpotensi sebagai agens antagonis serta dapat menekan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat.

Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2019 hingga Mei 2019 di Laboratorium Penyakit Tumbuhan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan serta di Rumah Kawat Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Isolat bakteri rizosfer yang digunakan berasal dari penelitian Ariani (2018) dan Nur (2018) antara lain *Erwinia* sp. (TH 26), *Pseudomonas* sp. (H13), *Pantoea* sp. (TH37), *Clostridium* sp. (TH16), *Erwinia* sp. (N27), *Pseudomonas* sp. (N24), *Pantoea* sp. (N26), *Xanthomonas* sp. (N23), *Clostridium* sp. (N10), dan *Bacillus* sp. (N3). Tahapan penelitian yang dilakukan terdiri dari: (1) Perbanyak isolat bakteri rizosfer dan isolasi bakteri patogen *R. solanacearum*, (2) Uji patogenesitas bakteri *R. solanacearum* pada tanaman tomat, (3) Uji antagonisme bakteri rizosfer dengan bakteri patogen *R. solanacearum* secara *in vitro*, (4) Uji antibiosis bakteri antagonis hasil seleksi secara *in vitro*, dan (5) Uji penghambatan penyakit layu bakteri oleh *R. solanacearum* pada tanaman tomat secara *in vivo*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa empat isolat bakteri terseleksi yang memiliki zona penghambatan tertinggi yaitu *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N24), dan *Pantoea* sp. (N26). Dari hasil pengujian antagonisme secara *in vitro* diketahui bakteri antagonis mampu menghambat pertumbuhan patogen *R. solanacearum*. Jenis antibiosis dari bakteri antagonis tersebut yaitu bersifat bakteriostatik. Hasil uji penghambatan secara *in vivo* pada tanaman tomat menunjukkan bahwa isolat bakteri antagonis *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N24), *Pantoea* sp. (N26) dan bakterisida mampu menekan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat dan memiliki pengaruh nyata jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hasil penelitian terhadap pertumbuhan tanaman tomat di lapang menunjukkan isolat *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), dan *Pseudomonas* sp. (N24) mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman. Sedangkan isolat *Bacillus* sp. (N3) mampu meningkatkan jumlah daun apabila dibandingkan dengan kontrol.



SUMMARY

Maratus Noer Fitriana. 15504020111137. Potential of Rhizosphere Bacteria as Antagonists in Controlling Bacterial Wilt *Ralstonia solanacearum* in Tomato Plants. Supervisors Abdul Latief Abadi and Restu Rizkyta Kusuma.

Tomatoes are one of the vegetable commodities that are needed by people in Indonesia. However, the high market demand is not matched by the quality produced. One obstacle that affects is the attack of bacterial wilt disease caused by *Ralstonia solanacearum*. This disease is one of the important diseases of tomato plants in Indonesia. Disease control efforts that can be done by utilizing antagonistic agents in the rhizosphere. The aim of this research is to obtain the rhizosphere bacteria of coffee and pine polyculture plantations and the rhizosphere of pine and carrot polyculture plantations in the UB Forest Education Forest which has the potential as antagonistic agents and can suppress bacterial wilting in tomato plants.

The study was conducted in January 2019 to May 2019 in the Plant Disease Laboratory of the Department of Pests and Plant Diseases as well as in the Wire House of the Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang. Rhizosphere bacterial isolates used were derived from research Ariani (2018) and Nur (2018) include *Erwinia* sp. (TH 26), *Pseudomonas* sp. (H13), *Pantoea* sp. (TH37), *Clostridium* sp. (TH16), *Erwinia* sp. (N27), *Pseudomonas* sp. (N24), *Pantoea* sp. (N26), *Xanthomonas* sp. (N23), *Clostridium* sp. (N10), and *Bacillus* sp. (N3). Stages of research carried out consisted of: (1) Propagation of rhizosphere bacterial isolates and isolation of *R. solanacearum* pathogenic bacteria, (2) Pathogenicity test of *R. solanacearum* bacteria in tomato plants, (3) Rhizosphere bacterial antagonism test with *R. solanacearum* pathogenic bacteria in vitro, (4) Antagonistic bacterial antibiotic test results in vitro selection, and (5) Test for inhibition of bacterial wilt by *R. solanacearum* in tomato plants in vivo.

The results showed that four selected bacterial isolates which had the highest inhibition zone were *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N24), and *Pantoea* sp. (N26). From the results of antagonism testing in vitro known antagonistic bacteria can inhibit the growth of the pathogen *R. solanacearum*. The type of antibiosis from the antagonistic bacteria is bacteriostatic. In vivo inhibition test results on tomato plants showed that the isolate bacterial antagonist *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N24), *Pantoea* sp. (N26) and bactericides are able to suppress bacterial wilt in tomato plants and have a real effect when compared to control treatments. The results of research on the growth of tomato plants in the field showed isolates of *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), and *Pseudomonas* sp. (N24) able to increase plant height growth. While *Bacillus* sp. (N3) is able to increase the number of leaves when compared to controls.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Potensi Bakteri Rizosfer sebagai Antagonis dalam Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri *Ralstonia solanacearum* pada Tanaman Tomat”. Pelaksanaan dan penyusunan skripsi untuk memenuhi syarat tugas akhir di Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dan bimbingan dari pihak-pihak yang bersangkutan, untuk itu penulis tidak lupa mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS. dan Ibu Restu Rizkyta Kusuma, SP., MSc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi.
2. Ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
3. Bapak Luqman Qurata Aini, SP., MP., Ph.D. dan Bapak Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, perbaikan penulisan skripsi dan motivasi yang membangun bagi penulis.
4. Kedua orang tua dan adik yang telah memberikan doa, motivasi dan semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian hingga terselesaikannya penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas kekurangan yang terdapat dalam skripsi. Semoga skripsi ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi banyak pihak yang telah membacanya.

Malang, Juli 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jombang, Jawa Timur pada tanggal 16 Agustus 1997 dari pasangan Bapak Arifin dan Ibu Marliyah. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara.

Penulis memulai pendidikan dengan menjalani pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Cahaya Putra Surabaya pada tahun 2002 hingga tahun 2003, Sekolah Dasar di SDN Gading 1/ 177 Surabaya pada tahun 2003 hingga tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 18 Surabaya pada tahun 2009 hingga tahun 2012, Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 19 Surabaya sebagai murid jurusan IPA pada tahun 2012 hingga tahun 2015 dan menjadi mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti kegiatan kepanitiaan penerimaan mahasiswa baru Raja Brawijaya pada tahun 2016 sebagai divisi SPV (Supervisor), Pembinaan Budi Pekerti dan Kepemimpinan Raja Brawijaya 2016 sebagai divisi SPV, Raja Brawijaya pada tahun 2017 sebagai divisi SPV, Pembinaan Budi Pekerti dan Kepemimpinan Raja Brawijaya 2017 sebagai divisi SPV. Selain itu penulis juga pernah melakukan magang kerja di Balai Besar Karantina Pertanian Surabaya pada tahun 2018.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Tomat	4
2.1.1 Klasifikasi Tanaman Tomat	4
2.1.2 Morfologi Tanaman Tomat	4
2.1.3 Syarat Tumbuh	5
2.2 Penyakit Layu Bakteri oleh <i>R. solanacearum</i>	6
2.2.1 Klasifikasi <i>R. solanacearum</i>	6
2.2.2 Morfologi dan Karakteristik Bakteri <i>R. solanacearum</i>	6
2.2.3 Siklus Penyakit <i>R. solanacearum</i>	7
2.2.4 Gejala Serangan <i>R. solanacearum</i>	7
2.3 Bakteri Antagonis	8
2.4 Bakteri Rizosfer	9
2.5 Pengendalian Patogen Tanaman dengan Aplikasi Antagonis	11
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Kerangka Operasional Penelitian	13
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.3 Alat dan Bahan	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian	14
3.5.1 Isolasi Bakteri Patogen <i>R. solanacearum</i>	14
3.5.2 Perbanyakkan Isolat Bakteri Rizosfer	15
3.5.3 Uji Patogenesitas	15
3.5.4 Uji Antagonisme Bakteri Rizosfer Tanaman terhadap Patogen <i>R. solanacearum</i> secara <i>in vitro</i>	16



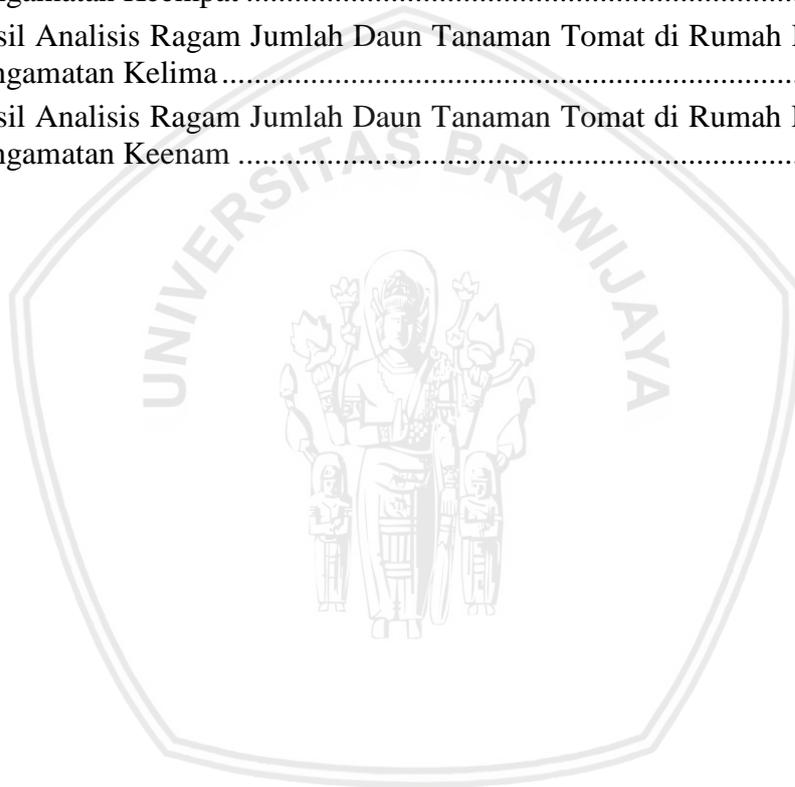
3.5.5 Uji Antibiosis Bakteri Antagonis	16
3.5.6 Uji Penghambatan Penyakit Layu Bakteri oleh <i>R. solanacearum</i> pada Tanaman Tomat.....	16
3.6 Variabel Pengamatan	18
3.6 Analisis Data	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Isolasi Bakteri Patogen <i>Ralstonia solanacearum</i>	21
4.2 Hasil Uji Patogenesitas	22
4.3 Seleksi Uji Antagonisme Isolat Bakteri Rizosfer terhadap <i>R. solanacearum</i>	23
4.4 Hasil Uji Antagonisme Bakteri Rizosfer terhadap Pertumbuhan <i>R. solanacearum</i> secara <i>In Vitro</i>	24
4.5 Hasil Uji Antibiosis Zona Bening Bakteri Antagonis.....	26
4.6 Hasil Uji Penghambatan Penyakit Layu Bakteri oleh <i>R. solanacearum</i> pada Tanaman Tomat.....	27
4.7 Pengaruh Aplikasi Bakteri Rizosfer terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat	30
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perlakuan Uji Penekanan Bakteri Antagonis terhadap <i>R. solanacearum</i>	17
2.	Indeks Penghambatan 10 Isolat Bakteri Rizosfer terhadap <i>R. solanacearum</i> secara <i>in vitro</i>	23
3.	Rerata Zona Bening Isolat Bakteri Antagonis terhadap <i>R. solanacearum</i> ..	24
4.	Jenis Antibiosis yang Dihasilkan oleh Bakteri Antagonis.....	27
5.	Persentase Rerata Kejadian Penyakit Layu Bakteri yang Disebabkan oleh	28
6.	Hasil Rerata Tinggi Tanaman Tomat Setelah Inokulasi Patogen <i>R. solanacearum</i>	30
7.	Hasil Rerata Jumlah Daun Tanaman Tomat Setelah Inokulasi Patogen <i>R. solanacearum</i>	32
Lampiran		
1.	Hasil Analisis Ragam Hasil Uji Antagonis Bakteri Rizosfer terhadap Pertumbuhan Patogen <i>R. solanacearum</i> secara <i>in vitro</i> pada 24 JSI.....	41
2.	Hasil Analisis Ragam Hasil Uji Antagonis Bakteri Rizosfer terhadap Pertumbuhan Patogen <i>R. solanacearum</i> secara <i>in vitro</i> pada 48 JSI.....	41
3.	Hasil Analisis Ragam Hasil Uji Antagonis Bakteri Rizosfer terhadap Pertumbuhan Patogen <i>R. solanacearum</i> secara <i>in vitro</i> pada 72 JSI.....	41
4.	Hasil Analisis Ragam Persentase Kejadian Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Pertama.....	41
5.	Hasil Analisis Ragam Persentase Kejadian Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Kedua	41
6.	Hasil Analisis Ragam Persentase Kejadian Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Ketiga	42
7.	Hasil Analisis Ragam Persentase Kejadian Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Keempat	42
8.	Hasil Analisis Ragam Persentase Kejadian Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Kelima	42
9.	Hasil Analisis Ragam Persentase Kejadian Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Keenam	42
10.	Hasil Analisis Ragam Tinggi Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Pertama.....	43
11.	Hasil Analisis Ragam Tinggi Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Kedua	43
12.	Hasil Analisis Ragam Tinggi Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Ketiga	43
13.	Hasil Analisis Ragam Tinggi Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Keempat	43

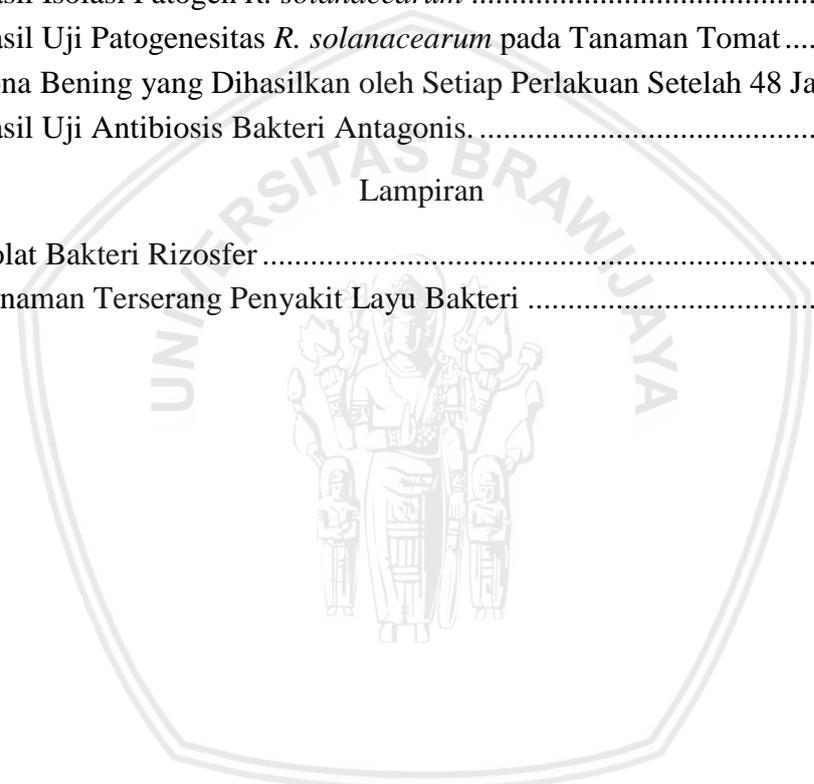


14.	Hasil Analisis Ragam Tinggi Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Kelima	43
15.	Hasil Analisis Ragam Tinggi Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Keenam	44
16.	Hasil Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Pertama.....	44
17.	Hasil Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Kedua	44
18.	Hasil Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Ketiga	44
19.	Hasil Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Keempat	44
20.	Hasil Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Kelima.....	45
21.	Hasil Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Tomat di Rumah Kawat pada Pengamatan Keenam	45



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Koloni Bakteri <i>R. solanacearum</i> pada Media TZC	6
2.	Gejala Penyakit Layu Bakteri Pada Tanaman Tomat oleh <i>R. solanacearum</i> 7	7
3.	Gejala Penyakit Layu Bakteri pada Batang Tanaman Tomat.....	8
4.	Kerangka Operasional Penelitian	13
5.	Denah Petak Penelitian	18
6.	Skema Indeks Penghambatan Bakteri Antagonis terhadap Bakteri Patogen 19	19
7.	Hasil Isolasi Patogen <i>R. solanacearum</i>	22
8.	Hasil Uji Patogenesitas <i>R. solanacearum</i> pada Tanaman Tomat.....	23
9.	Zona Bening yang Dihasilkan oleh Setiap Perlakuan Setelah 48 Jam	26
10.	Hasil Uji Antibiosis Bakteri Antagonis.....	27
Lampiran		
1.	Isolat Bakteri Rizosfer	40
2.	Tanaman Terserang Penyakit Layu Bakteri	40



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman tomat adalah golongan sayuran yang termasuk dalam famili Solanaceae. Tanaman tomat dapat ditanam pada daerah dataran tinggi hingga dataran rendah tergantung pada jenis varietasnya (Pitoyo, 2007). Tomat dapat ditanam sepanjang tahun, tetapi waktu yang tepat adalah saat musim kemarau dibantu dengan penyiraman secukupnya. Tomat memiliki banyak kandungan yang bermanfaat bagi manusia antara lain vitamin C, vitamin A, vitamin B dan mineral (Trisnawati, 2002). Selain mempunyai kandungan gizi yang bermanfaat, tomat juga sering digunakan sebagai bahan pelengkap masakan dan minuman penyegar. Oleh karena itu, tomat banyak digemari oleh masyarakat mulai dari berbagai kalangan. Menurut Syafaat dan Nizwar (2005), permintaan tomat tiap tahunnya dapat meningkat hingga mencapai 20 %. Peningkatan permintaan tersebut dikarenakan penambahan jumlah penduduk tiap tahunnya sebesar 1,8 %. Tingginya permintaan pasar tomat tidak diimbangi dengan kualitas yang dihasilkan. Salah satu hal yang dapat menyebabkan penurunan kualitas tanaman tomat yaitu ketahanan tanaman terhadap penyakit yang rendah.

Salah satu penyakit yang menyerang tanaman tomat adalah penyakit layu bakteri. Penyakit layu bakteri disebabkan oleh bakteri *Ralstonia solanacearum*. Penyakit ini merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman tomat di Indonesia. Pada tingkat serangan berat, penyakit tersebut dapat menyebabkan kematian tanaman dan kegagalan panen sehingga menimbulkan kerugian yang besar bagi petani (Adriani *et al.*, 2012). Tingkat serangan *R. solanacearum* di Indonesia dapat menyebabkan penurunan hasil panen buah tomat sebesar 7-75 % (Purwanto dan Tjahyono, 2002).

R. solanacearum merupakan bakteri patogen tanaman tular tanah yang banyak ditemukan di daerah subtropis dan tropis. Bakteri *R. solanacearum* dapat masuk ke dalam jaringan tanaman inang melalui luka maupun melalui lubang-lubang alami (lentisel dan stomata). Gejala awal yang ditimbulkan adalah layu pada beberapa daun muda, daun tua menguning, dan batang tanaman sakit cenderung lebih banyak membentuk akar adventif. Kemudian tanaman lama

kelamaan akan mengalami kelayuan, mengering dan pada tahap lanjut akan mati (Semangun, 2007).

Upaya pengendalian yang telah dilakukan oleh petani dengan menggunakan pestisida kimia. Penggunaan pestisida kimia dalam jangka waktu panjang dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Alternatif pengendalian yang dapat dilakukan untuk mengendalikan patogen *R. solanacearum* adalah dengan menggunakan mikroba antagonis. Mikroba antagonis yang dapat dimanfaatkan sebagai agens antagonis berada pada daerah perakaran tanaman. Menurut Simatupang dalam Prayudyaningsih *et al.* (2015), rizosfer merupakan bagian tanah yang berada di sekitar perakaran tanaman. Mikroorganisme tanah mempunyai manfaat yang sangat beragam bagi tanaman yang berada diatas permukaan tanah. Bakteri tanah dapat dimanfaatkan sebagai agens antagonis untuk mengendalikan penyakit pada tanaman. Bakteri antagonis dapat mengeluarkan zat antibiotik yang menekan pertumbuhan dan perkembangan suatu patogen tanaman (Wardhika *et al.*, 2014).

Dengan adanya potensi agens antagonis pada daerah rizosfer dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat. Menurut Nurbaya dalam Kuswinanti (2014), beberapa mikroorganisme yang berada di perakaran tanaman sehat diketahui bermanfaat sebagai pelindung dari serangan patogen layu. Menurut Saputra *et al.* (2015), telah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa pengendalian hayati terhadap bakteri layu dapat dilakukan menggunakan beragam mikroorganisme yang menguntungkan. Agens antagonis yang potensial untuk mengendalikan penyakit layu bakteri pada tomat diantaranya beberapa rizobakteri seperti *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp., *Acinetobacter* sp. dan *Enterobacter* sp.

Bakteri tanah yang telah banyak digunakan sebagai agens antagonis adalah bakteri yang berasal dari genus *Pseudomonas* dan *Bacillus*. Bakteri *Pseudomonas* mampu memproduksi hormon pertumbuhan tanaman serta sebagai agens pengendali hayati melalui mekanisme kompetisi dan induksi ketahanan tanaman. Sedangkan *Bacillus* spp. mampu berperan sebagai agens hayati patogen tumbuhan melalui mekanisme antibiosis dengan menghasilkan senyawa penghambat di antaranya antibiotik, peptida, senyawa fenol dan enzim, dan

siderofor. Keberadaan agens antagonis bermanfaat dalam menekan suatu patogen tanaman karena dapat mengurangi intensitas penyakit pada tanaman budidaya (Wardhika *et al.*, 2014). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan bakteri pada rizosfer tanaman yang berpotensi sebagai agens antagonis serta dapat menekan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini antara lain :

1. Apakah terdapat bakteri rizosfer yang bersifat antagonis terhadap bakteri patogen *R. solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri pada tanaman tomat?
2. Bagaimana potensi bakteri rizosfer dalam menekan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Mendapatkan bakteri rizosfer yang bersifat antagonis terhadap bakteri patogen *R. solanacearum* pada tanaman tomat.
2. Mengetahui potensi antagonis bakteri rizosfer dalam menekan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dari penelitian ini adalah pada rizosfer terdapat bakteri yang berpotensi sebagai antagonis terhadap patogen *R. solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri pada tanaman tomat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi potensi bakteri rizosfer sebagai antagonis dalam menekan penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *R. solanacearum* pada tanaman tomat. Selain itu pemanfaatan bakteri antagonis dapat dikembangkan sebagai pengendalian yang bersifat ramah lingkungan dan berkelanjutan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tomat

Tomat merupakan sayuran buah yang digemari dari berbagai kalangan, mulai dari anak-anak hingga orang tua. Tomat juga banyak mengandung vitamin yang bermanfaat bagi tubuh seperti vitamin C dan vitamin A. Tanaman tomat banyak dijumpai dan dapat ditanam di daerah dataran rendah hingga dataran tinggi. Tanaman tomat termasuk tanaman semusim yang berumur sekitar 3-4 bulan (Surtinah dalam Kartikah *et. al*, 2015).

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Tomat

Tanaman tomat termasuk dalam kerajaan Plantae, divisi Spermatophyta, subdivisi Angiospermae, kelas Dicotylodena, ordo Tubiflorae, famili Solanaceae, marga *Lycopersicum*, dan spesies *Lycopersicum esculentum* Mill (Wiryanta, 2002).

2.1.2 Morfologi Tanaman Tomat

Tanaman tomat terdiri dari akar, batang, daun, bunga, buah dan biji. Tinggi tanaman tomat dapat hingga mencapai 2-3 meter. Saat masih muda batang tanaman tomat berbentuk bulat dan bertekstur lunak tetapi lama kelamaan batangnya akan berubah menjadi keras dan berbentuk menyudut. Pada bagian batang tanaman tomat terdapat bulu-bulu halus yang terdapat diseluruh permukaan batangnya. Akar tanaman tomat yaitu serabut, yang dapat menyebar ke segala arah (Wiryanta, 2002). Daunnya merupakan daun majemuk yang bersirip gasal yang berukuran panjang sekitar 15-30 cm, sedangkan lebarnya antara 10-25 cm. Bunga tanaman tomat berwarna kuning dan termasuk bunga sempurna karena memiliki benang sari, kepala putik, bakal buah dan tangkai putik. Buah tomat dapat berbentuk lonjong, bulat, atau oval. Buah yang masih muda berwarna kehijauan dan agak keras, tetapi apabila buah sudah tua akan berwarna merah kekuningan hingga merah kegelapan (Pitojo, 2005). Kemudian biji tomat terapat di dalam buah yang berbentuk pipih dan berbulu. Biji tomat ada yang berwarna putih, kekuningan hingga kecokelatan. Biji tersebut yang banyak digunakan untuk memperbanyak tanaman (Wiryanta, 2002).

2.1.3 Syarat Tumbuh

Tanaman tomat dapat tumbuh dengan optimal dalam kondisi tertentu, syarat yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman tomat antara lain :

1. Ketinggian Tempat

Ketinggian tempat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat. Tanaman tomat dapat ditanam di daerah dataran rendah, dataran sedang maupun dataran tinggi tergantung dari jenis varietasnya. Ketinggian tempat yang sesuai untuk tanaman tomat yaitu 100 m dpl – 1250 m dpl (Pitoyo, 2007).

2. Tanah

Tanaman tomat dapat ditanam pada berbagai keadaan topografi tanah, asalkan derajat kemiringannya tidak melebihi dari 30 %. Tomat membutuhkan tanah yang gembur, sedikit mengandung pasir, dan kandungan humus yang cukup. Kandungan pH tanah yang sesuai dengan tanaman tomat yaitu antara 5-6 (Pracaya, 2016).

3. Suhu Udara

Suhu udara berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman. Selama masa pertumbuhan, tanaman tomat menghendaki suhu udara pada siang hari 24°C. Suhu udara yang cocok untuk pertumbuhan tanaman tomat yaitu antara 24°C – 28°C yang akan berpengaruh baik terhadap warna buah tomat. Selain itu, kelembaban udara yang sesuai untuk tanaman tomat yaitu sekitar 80 % (Pitoyo, 2007).

4. Sinar Matahari

Sinar matahari berperan penting dalam proses fotosintesis. Tanaman tomat termasuk dalam kelompok tanaman yang membutuhkan penyinaran matahari minimal 8 jam per hari. Tanaman tomat juga dapat tumbuh dengan baik di daerah yang memperoleh sinar matahari dengan intensitas cahaya yang tinggi (Pitoyo, 2007).

5. Curah Hujan

Curah hujan yang sesuai dengan pertumbuhan tanaman tomat yaitu 750 mm - 1.250 mm per tahun (Cahyono, 2008). Tanaman tomat membutuhkan air irigasi yang cukup untuk pertumbuhannya yang optimal. Tetapi, apabila ketersediaan berlebihan dapat berpengaruh terhadap tingkat serangan penyakit. Penyakit

tanaman akan lebih mudah menyerang di daerah yang beriklim basah. Akibat dari serangan penyakit tersebut akan berdampak langsung terhadap penurunan produktivitas tanaman tomat.

2.2 Penyakit Layu Bakteri oleh *R. solanacearum*

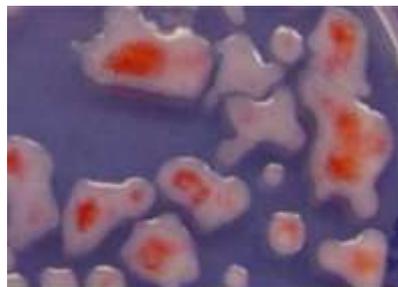
Penyakit layu bakteri disebabkan oleh bakteri *R. solanacearum*, yang sebelumnya dikenal *Pseudomonas solanacearum*. Bakteri *R. solanacearum* merupakan patogen tular tanah yang dapat hidup di dalam tanah untuk periode waktu yang lama. *R. solacearum* merupakan salah satu patogen yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang cukup tinggi.

2.2.1 Klasifikasi *R. solanacearum*

Bakteri penyebab penyakit layu bakteri pada tanaman tomat termasuk dalam kingdom Bacteria, divisi Proteobacteria, kelas Betaproteobacteria, bangsa Burkholderiales, suku Ralstoniaceaceae, marga Ralstonia, dan spesies *Ralstonia solanacearum* (CABI, 2018).

2.2.2 Morfologi dan Karakteristik Bakteri *R. solanacearum*

Bakteri *R. solanacearum* termasuk dalam kelompok bakteri aerob, tidak membentuk spora, berukuran 0,5-0,7 x 1,5-2 μm dan tidak membentuk kapsula bergerak. *R. solanacearum* yang bersifat virulen memiliki ciri koloni yang berbentuk tidak teratur, cembung, fluidal, berwarna putih atau putih keruh dengan merah dibagian tengahnya (Gambar 1). Sedangkan yang bersifat avirulen memiliki ciri-ciri koloni bulat, berbentuk tidak teratur, dan berwarna putih atau putih keruh apabila ditumbuhkan pada media *Tetrazolium chloride* (TZC). Selain ditumbuhkan pada media TZC bakteri *R. solanacearum* juga mampu tumbuh pada media Sukrosa Peptone Agar (SPA) 2 % dengan ciri-ciri koloni berwarna putih dan fluidal (Olson dalam Sastrahidayat, 2013).



Gambar 1. Koloni Bakteri *R. solanacearum* pada Media TZC (Sastrahidayat, 2013)

2.2.3 Siklus Penyakit *R. solanacearum*

R. solanacearum merupakan bakteri patogen tanaman tular tanah yang banyak ditemukan di daerah subtropis dan tropis yang secara alami menginfeksi perakaran dan memperbanyak diri di dalam jaringan xilem (Yabuuchi *et al.* dalam Saputra 2015). Bakteri masuk melalui luka pada di akar yang dapat disebabkan oleh alat mekanis, nematoda, serangga, maupun karena adanya celah saat akar sekunder muncul. Setelah berhasil masuk ke dalam jaringan akar, bakteri memperbanyak diri di jaringan xilem dalam batang dan akar tanaman yang kemudian akan menyebar ke seluruh bagian tanaman. Akibatnya bakteri tersebut akan menghambat proses pengangkutan air dan mineral dari tanah, sehingga menyebabkan tanaman layu dan mati (Trubus, 2010).

Bakteri *R. solanacearum* mampu bertahan di sisa-sisa tanaman, gulma, atau bahan perbanyakan tanaman seperti umbi. Bakteri tersebut juga mampu hidup di dalam air selama ± 40 tahun pada suhu 20-25°C. Suhu optimum yang mendukung pertumbuhan bakteri *R. solanacearum* yaitu antara 29-35°C (Sastrahidayat, 2013).

2.2.4 Gejala Serangan *R. solanacearum*

Gejala pada tanaman terserang yang dapat dilihat secara langsung yaitu tanaman nampak layu pada bagian pucuk hingga ke seluruh bagian tanaman. Daun berubah menjadi kekuningan yang akhirnya mengering dan rontok (Gambar 2). Gejala kelayuan muncul secara mendadak dan dapat menyebabkan kematian tanaman dalam waktu singkat. Penyakit ini mampu menyerang tanaman tomat pada semua fase pertumbuhan, tetapi fase yang paling rentan yaitu saat menjelang berbunga maupun berbuah dan ketika tanaman masih muda (Hidayati *et. al.*, 2012).



Gambar 2. Gejala Penyakit Layu Bakteri Pada Tanaman Tomat oleh *R. solanacearum* (Agrios, 2005)

Pada batang, cabang, dan tangkai daun apabila dibelah akan tampak berkas pembuluh berwarna cokelat dan bagian empulur juga terkadang berwarna cokelat (Gambar 3). Pada stadium penyakit lanjut, bila batang dipotong akan keluar massa bakteri seperti lendir berwarna putih susu yang keluar dari berkas pembuluh. Jika potongan batang dimasukkan dalam gelas bening yang berisi air maka akan terlihat seperti benang-benang putih halus. Adanya massa lendir tersebut dapat digunakan untuk membedakan antara penyakit layu bakteri dan layu fusarium pada tanaman tomat (Semangun, 2004). Menurut Hidayati *et al.* (2012), pada bagian pangkal batang yang terserang, apabila dibelah dan direndam dalam air akan mengeluarkan cairan berlendir.



Gambar 3. Gejala Penyakit Layu Bakteri pada Batang Tanaman Tomat (Agrios, 2005)

2.3 Bakteri Antagonis

Mikroba antagonis adalah jasad renik yang diperoleh dari alam, dapat berupa bakteri, cendawan, maupun virus yang dapat menekan atau mengendalikan organisme pengganggu tanaman. Penggunaan mikroba antagonis untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) mempunyai banyak keuntungan antara lain: 1) ramah lingkungan, 2) aman untuk menjaga keberadaan musuh alami bagi OPT tertentu, 3) mencegah terjadinya ledakan OPT sekunder, 4) menghasilkan produk yang bebas residu senyawa kimia sintetis, 5) aman bagi kesehatan manusia, 6) mudah didapatkan, 7) mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pestisida kimia sintetis, dan 8) biaya yang dibutuhkan relatif murah karena aplikasinya dilakukan satu atau dua kali dalam satu musim tanam (Hanudin *et al.*, 2012). Pengendalian penyakit tanaman menggunakan mikroba

antagonis dari kelompok bakteri telah dilakukan sejak tahun 1991. Kelompok bakteri yang telah banyak digunakan dalam mengendalikan penyakit tanaman yaitu *Bacillus* spp. dan *Pseudomonas fluorescens*.

Penggunaan biopestisida yang menggunakan bakteri *P. fluorescens* telah banyak digunakan untuk mengendalikan penyakit layu bakteri *R. solanacearum* pada tanaman tomat dan akar gada pada caisim dalam skala rumah kaca. Selain dapat menekan perkembangan populasi dan aktivitas patogen, *P. fluorescens* dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit (Hanudin *et al.*, 2012). Kelompok *Pseudomonas* spp. adalah kelompok bakteri perakaran yang efektif menekan berbagai penyakit tanaman diantaranya rebah semai, busuk lunak, layu bakteri, dan lain-lain pada banyak varietas tanaman. Zat antibiotik yang diproduksi oleh *Pseudomonas* spp. (2,4-diacetylphloroglucinol/2,4-DAPG) mampu meningkatkan ketahanan tanah terhadap patogen (Weller *et al.*, 2012). Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh (Chen *et al.* dalam Istiqomah *et al.*, 2018), kelompok bakteri *B. subtilis* memiliki sifat yang mampu menekan berbagai jenis patogen tanaman dan mampu bertahan pada kondisi lingkungan yang ekstrim.

Kelompok bakteri lain yang dapat digunakan sebagai bakteri antagonis yaitu *Corynebacterium* dan *Pantoea*. Bakteri *Corynebacterium* telah banyak digunakan sebagai agens antagonis untuk mengendalikan penyakit pada tanaman. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Ismail *et al.* (2011) bahwa, bakteri *Corynebacterium* efektif dalam mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh jamur dan bakteri pada tanaman pangan dan hortikultura seperti penyakit kresek pada padi, layu dan bercak daun pada tanaman cabai, tomat dan kubis-kubisan. Menurut Mahartha *et al.* (2013), beberapa strain dari bakteri *Pantoea agglomerans* telah dilaporkan mampu menghasilkan senyawa antibiotik herbicidin, pantocin, dan phenazine yang dapat menghambat pertumbuhan patogen tanaman.

2.4 Bakteri Rizosfer

Rizosfer merupakan bagian tanah yang berada di sekitar perakaran tanaman (Prayudyaningsih *et al.*, 2015). Pada daerah rizosfer terdapat banyak mikroorganisme yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Dengan adanya

aktivitas pertanian yang berlebihan dapat mengurangi keberadaan mikroorganisme tanah yang dapat bermanfaat bagi tanaman. Aktivitas pertanian tersebut contohnya penggunaan pestisida dan pupuk kimia. Penggunaan pestisida dan pupuk kimia secara berlebihan dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme tanah yang akhirnya mengakibatkan populasinya menurun. Penggunaan pestisida dan pupuk kimia juga dapat membuat tekstur tanah menjadi keras, tekstur tanah yang keras lama kelamaan akan mempengaruhi kondisi biologi tanah. Hal tersebut berhubungan secara langsung dengan keberadaan mikroorganisme dalam tanah. Oleh sebab itu, keberadaan mikroorganisme harus dijaga agar tetap ada dan bermanfaat bagi tanaman.

Mikroorganisme tanah yang dapat ditemukan pada daerah rizosfer salah satunya yaitu bakteri. Bakteri rizosfer merupakan bakteri yang berada di daerah perakaran tanaman yang dapat memberikan pengaruh baik terhadap tanaman inang. Keberadaan bakteri rizosfer ditentukan oleh adanya perakaran tanaman. Semakin banyak perakaran tanaman maka semakin banyak pula mikroorganisme tanah karena kandungan bahan organik yang dibutuhkan sebagai nutrisi terpenuhi. Jumlah bakteri di dalam tanah juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, kelembapan, aerasi dan sumber energi atau nutrisi berupa bahan organik. Telah banyak percobaan yang dilakukan untuk mengetahui bahwa bakteri pemacu pertumbuhan tanaman dapat berfungsi juga sebagai bakteri antagonis. Bakteri tersebut memproduksi berbagai senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan patogen tanaman (Glick *et al.*, 1999).

Bakteri rizosfer juga dapat berperan sebagai antagonis bagi patogen tanaman. Bakteri antagonis pada rizosfer tanaman tersebar luas di dataran tinggi maupun dataran rendah. Contoh dari bakteri antagonis yang ditemukan pada rizosfer adalah bakteri yang berasal dari genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Clostridium*. Bakteri *Pseudomonas* mampu memproduksi hormon pertumbuhan tanaman, dan berfungsi sebagai agens pengendali hayati melalui mekanisme kompetisi dan induksi ketahanan tanaman. Bakteri *Bacillus* spp. mampu berperan sebagai agens hayati patogen tumbuhan melalui mekanisme antibiosis dengan menghasilkan senyawa penghambat di antaranya antibiotik, peptida, senyawa fenol dan enzim, alkaloid, dan siderofor (Wardhika *et al.*, 2014). Pada daerah

rizosfer tanaman umbi di bawah tegakan kemiri, jati, suren, dan bitti di Sulawesi Selatan ditemukan bakteri dari genus *Clostridium* yang berfungsi sebagai pelarut fosfat. Bakteri pelarut fosfat berperan dalam melarutkan fosfat organik dan anorganik menjadi fosfat terlarut sehingga dapat digunakan oleh akar tanaman dan mikroba tanah lainnya yang dapat memacu pertumbuhan tanaman (Prayudyaningsih *et al.*, 2015).

2.5 Pengendalian Patogen Tanaman dengan Aplikasi Antagonis

Pengendalian patogen tanaman dengan aplikasi antagonis juga dapat disebut dengan pengendalian hayati. Pengendalian hayati adalah pengurangan jumlah inokulum atau aktivitas patogen maupun parasit yang menimbulkan penyakit pada tanaman dengan menggunakan manipulasi lingkungan, inang atau antagonis dengan mengintroduksi satu atau lebih antagonis (Sastrahidayat *et al.*, 2013). Pengendalian penyakit hayati oleh mikroorganisme baik jamur ataupun bakteri dapat terjadi melalui satu atau beberapa mekanisme seperti antibiosis, kompetisi, hiperparasit, induksi resistensi dan memacu pertumbuhan tanaman. Beberapa bakteri yang dapat menjadi antagonis yaitu *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *B. pumilus*, *Erwinia herbicola*, *Pseudomonas sp.*, *Streptomyces praecox*, dan *S. griseus* (Nurhayati, 2011).

Pengendalian hayati merupakan upaya pengendalian penyakit tanaman yang bersifat ramah lingkungan dan menghasilkan produk tanaman yang aman dan sehat. Penggunaan mikroba antagonis dapat dikembangkan biakan terlebih dahulu dalam bahan organik, kemudian diberikan ke tanaman saat pemupukan. Keunggulan dari pengendalian hayati menggunakan agens antagonis adalah ketersediaan agens hayati melimpah di alam sehingga dapat mengurangi biaya pengeluaran, tidak berpengaruh negatif terhadap lingkungan dan manusia, dan tingkat keberhasilan pengendalian relatif tinggi dalam periode waktu yang lama. Sedangkan kendala dari pengendalian hayati adalah sulit diprediksi hasilnya, masa hidup agens hayati terbatas, dan bekerja secara lambat (Soesanto, 2017).

Terdapat berbagai macam bakteri yang dapat menekan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat. Bakteri antagonis yang dapat digunakan antara lain *P. aeruginosa*, *P. fluorescens*, *Burkhlodera glumae*, *Bacillus spp.*, *B. plymixa*, *B. subtilis*, *Streptomyces mutabilis*, dan *Actinomycetes* (Saddler dalam Nurcahyanti

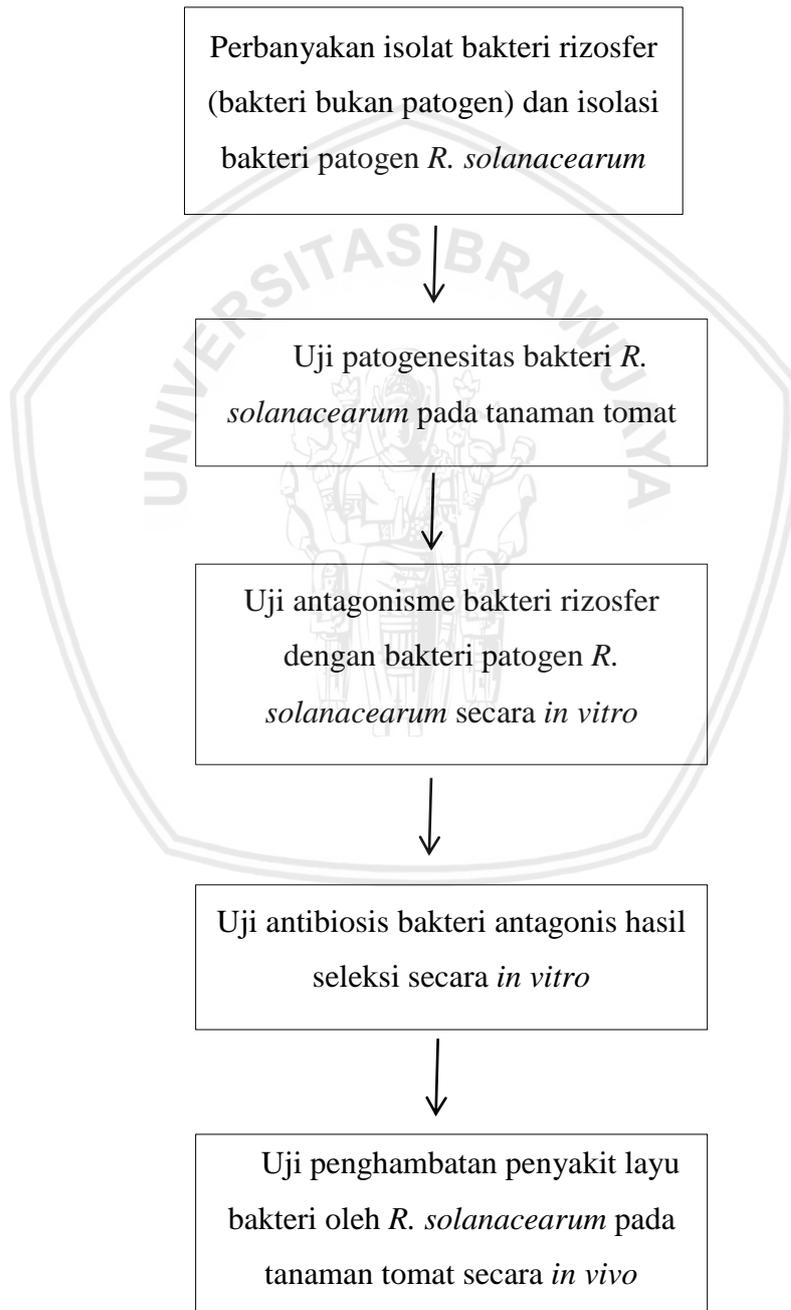
et al., 2013). Penggunaan agens hayati *Streptomyces* spp. pada tanaman tomat menunjukkan rata-rata pertumbuhan tanaman lebih tinggi, jumlah buah dan bunga lebih banyak dibandingkan perlakuan tanpa agens hayati (Suryaminarsih *et al.*, 2016).



III. METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Operasional Penelitian

Kerangka operasional penelitian menunjukkan langkah-langkah teknis yang dilakukan dalam penelitian sehingga tahapan penelitian dapat dilakukan secara bertahap dan sistematis. Kerangka operasional digunakan untuk mendapatkan hasil dan penarikan kesimpulan pada penelitian yang dilakukan (Gambar 4).



Gambar 4. Kerangka Operasional Penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan serta di Rumah Kawat Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2019 sampai dengan bulan Mei 2019.

3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC), bunsen, autoklaf *type* HL – 36 Ae Hirayama, kompor listrik, jarum Ose, botol media, gelas ukur, erlenmeyer, stik L, botol sprayer, cawan Petri, korek api, kompor listrik, panci, timbangan analitik, mikropipet, tips, pinset, jarum suntik, gunting, cutter, tray, *spektrofotometer*, *orbital shaker*, penggaris, dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, isolat bakteri rizosfer, bakteri *Ralstonia solanacearum*, media *Nutrient Agar* (NA), media *Nutrient Broth* (NB), media *Tetrazolium chloride* (TZC), aquades, alkohol 70 %, alkohol 90 %, klorox 2 %, benih tomat varietas Permata, tanah, kompos, formalin 4 %, plastik wrap, plastik tahan panas, aluminium foil, spirtus, tisu steril, tray, skim milk, bakterisida *Oxymicin* (40% streptomisin sulfat dan 60% oksitetrasiklin), dan kertas label.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Isolasi Bakteri Patogen *R. solanacearum*

Inokulum bakteri *R. solanacearum* diperoleh dengan cara mengisolasi tanaman yang terinfeksi di lapangan. Tanaman tomat yang terinfeksi dicuci terlebih dahulu dengan air bersih. Pada bagian perakaran dipotong melintang kemudian dimasukkan dalam aquades untuk melihat ooze (massa bakteri). Jika terlihat massa bakteri bagian perakaran tanaman tomat dibersihkan dan dipotong pada bagian pangkal batang. Potongan tersebut dicuci dengan alkohol 70 % dan dilanjutkan dengan direndam dalam aquades steril sebanyak 3 kali. Lalu potongan tersebut dikering anginkan dan dicacah. Cacahan tersebut ditambahkan dengan aquades steril \pm 10 ml dan di diamkan selama \pm 30 menit (Setyari *et al.*, 2013).

Suspensi yang mengandung bakteri *R. solanacearum* kemudian digoreskan pada media selektif 2,3,5 *Triphenyl Tetrazolium Chlorida* (TZC) dan diinkubasikan selama 24 jam pada suhu ruang. Ciri-ciri koloni bakteri *R. solanacearum* yang tumbuh di media selektif TZC yaitu berbentuk bulat cembung, pinggir rata, berwarna putih susu kebasah-basahan dan tengahnya berwarna merah muda sampai merah. Isolat bakteri yang virulen pada media TZC berbentuk bulat tidak teratur, fluidal, dan berwarna merah muda. Kemudian bakteri yang virulen diperbanyak pada media NA dan diinkubasikan pada suhu ruang selama 48 jam (Setyari *et al.*, 2013).

3.5.2 Perbanyak Isolat Bakteri Rizosfer

Isolat bakteri rizosfer yang digunakan sebanyak 10 isolat yang terdiri dari dua macam sumber berbeda yaitu isolat bakteri 1 didapatkan dari rizosfer pertanaman polikultur kopi dan pinus di Hutan Pendidikan UB Forest (Ariani, 2018), sedangkan isolat bakteri 2 didapatkan dari rizosfer pertanaman polikultur pinus dan wortel di Hutan Pendidikan UB Forest (Nur, 2018). Isolat bakteri 1 antara lain *Erwinia* sp. (TH 26), *Pseudomonas* sp. (H13), *Pantoea* sp. (TH37), *Clostridium* sp. (TH16), kemudian isolat bakteri 2 yaitu *Erwinia* sp. (N27), *Pseudomonas* sp. (N24), *Pantoea* sp. (N26), *Xanthomonas* sp. (N23), *Clostridium* sp. (N10), dan *Bacillus* sp. (N3). Perbanyak bakteri dilakukan dengan cara menggoreskan isolat bakteri yang berasal dari skim milk pada media NA (*Nutrient Agar*) menggunakan jarum Ose.

3.5.3 Uji Patogenesitas

Uji patogenesitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri yang diuji menyebabkan penyakit layu bakteri terhadap tanaman tomat. Suspensi bakteri *R. solanacearum* diinokulasikan ke tanaman tomat dengan cara disiramkan di daerah sekitar perakaran tanaman tomat yang telah dilukai. Sementara itu, sebagai perlakuan kontrol pada tanaman tomat lainnya disiram dengan aquades steril. Perkembangan penyakit diamati hingga 7 hari kemudian dicatat waktu gejala penyakit layu bakteri muncul. Isolat bakteri yang paling virulen ditentukan berdasarkan kecepatannya dalam menyebabkan gejala penyakit layu (Lelliot dalam Nasrun, 2007).

3.5.4 Uji Antagonisme Bakteri Rizosfer Tanaman terhadap Patogen *R. solanacearum* secara *in vitro*

Bakteri rizosfer yang digunakan di uji antagonisme terhadap patogen *R. solanacearum*. Uji antagonisme yang dilakukan menurut Wuryandari *et al.* (2008), suspensi bakteri *R. solanacearum* yang berumur 24 jam ditumbuhkan pada media NA dengan cara di *spread plate*. Kemudian kertas saring berdiameter 5 mm dicelupkan dalam suspensi bakteri rizosfer selama 1 menit dan ditiriskan selama 2 jam. Setelah itu, kertas saring diletakkan pada media NA. Biakan diinkubasi pada suhu ruangan selama 72 jam. Pembentukan zona hambatan yang paling baik dipilih sebanyak empat, lalu selanjutnya diujikan secara *in vivo* pada tanaman tomat.

3.5.5 Uji Antibiosis Bakteri Antagonis

Uji antibiosis digunakan untuk mengetahui mekanisme antagonis yang terbentuk, apakah termasuk ke dalam bakteristatik atau bakterisidal. Dilakukan dengan cara bagian daerah zona bening yang terbentuk di sekitar kertas saring diambil dan dimasukkan ke dalam media NA baru kemudian di inkubasi selama 2 hari. Apabila bakteri tidak tumbuh pada media tersebut maka tipe antibiosisnya bakterisidal, sedangkan apabila bakteri tumbuh pada media yang digunakan termasuk dalam bakteristatik.

3.5.6 Uji Penghambatan Penyakit Layu Bakteri oleh *R. solanacearum* pada Tanaman Tomat

a. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan yaitu campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 1:1. Tanah yang digunakan sebelumnya disterilkan dengan cara diberi formalin 4 % sebanyak 25 ml untuk 1 kg tanah. Formalin digunakan untuk mencegah adanya patogen yang tidak diinginkan. Media tanam tersebut disungkup dan diinkubasi selama 7 hari, setelah itu dikering anginkan selama 4 hari. Tanah yang telah disterilkan kemudian dimasukkan ke dalam *tray* yang berukuran 5 × 5 cm.

b. Inokulasi Bakteri Patogen *R. solanacearum*

Benih tomat yang telah disemai hingga berumur 14 hari dimasukkan ke dalam *tray* berukuran 5 × 5 cm. Suspensi bakteri yang akan digunakan untuk

inokulasi menggunakan biakan murni berumur 48 jam. Suspensi bakteri yang digunakan mempunyai kerapatan 10^9 Cfu/ml. Inokulasi *R. solanacearum* dilakukan setelah 7 hari aplikasi bakteri antagonis. Aplikasi dilakukan dengan cara melukai akar tanaman tomat dengan pisau steril kemudian diberi suspensi bakteri *R. solanacearum* sebanyak 15 ml pada daerah perakaran yang telah dilukai.

c. Inokulasi Bakteri Antagonis

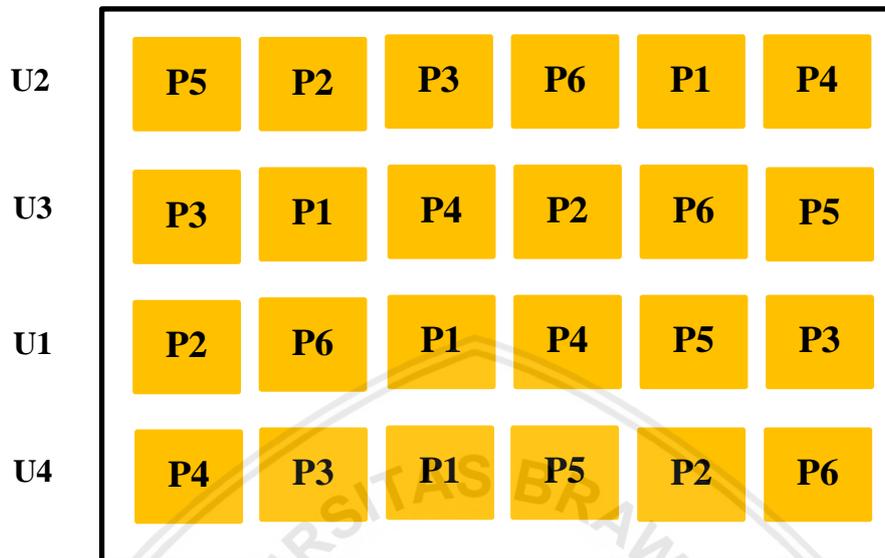
Isolat bakteri antagonis yang telah diseleksi diinkubasi selama 48 jam pada media *Nutrient Broth* (NB). Lalu bakteri diinokulasi pada tanaman tomat yang telah dipindah tanam. Suspensi bakteri yang digunakan mempunyai kerapatan 10^9 cfu/ml. Inokulasi bakteri dilakukan dengan menyiramkan suspensi bakteri pada daerah perakaran tanaman yang telah dilukai sebanyak 15 ml.

d. Uji Penekanan Bakteri Antagonis terhadap *R. solanacearum* secara *in vivo*

Berdasarkan hasil uji antagonisme secara *in vitro* diambil sebanyak empat bakteri yang zona hambatnya paling baik, yang kemudian diujikan secara langsung terhadap patogen *R. solanacearum* di rumah kawat. Pengujian yang dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan menggunakan 6 perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali (Gambar 5). Jumlah tanaman yang digunakan setiap perlakuan berjumlah 20 tanaman. Perlakuan uji antagonisme terhadap patogen *R. solanacearum* dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel 1. Perlakuan Uji Penekanan Bakteri Antagonis terhadap *R. solanacearum*

Perlakuan	Keterangan
P0	Kontrol aquades steril
P1	Bakterisida berbahan aktif streptomisin sulfat dan oksitetrasiklin dengan dosis 2 – 3 ml/ L
P2	Bakteri antagonis isolat N3
P3	Bakteri antagonis isolat N10
P4	Bakteri antagonis isolat N24
P5	Bakteri antagonis isolat N26



Gambar 5. Denah Petak Penelitian

Keterangan :

U adalah ulangan

Perlakuan adalah perlakuan

3.6 Variabel Pengamatan

a. Indeks Penghambatan Bakteri Antagonis terhadap Patogen *R. solanacearum*

Penghitung indeks penghambatan bakteri antagonis terhadap patogen diperlukan diameter zona hambat dan bakteri patogen yang diukur menggunakan penggaris. Pengukuran diameter dilakukan secara vertikal dan horizontal kemudian dirata-rata (Gambar 6). Data diameter digunakan untuk menunjukkan kemampuan atau daya hambat bakteri antagonis terhadap *R. solanacearum*. Indeks daerah hambatan (zona bening) yang dihasilkan oleh isolat bakteri agens hayati dihitung dengan rumus menurut Wuryandari *et al.*, (2008) yang telah dimodifikasi, yaitu :

$$R = \frac{((D_v - 0,5) + (D_h - 0,5))}{2}$$

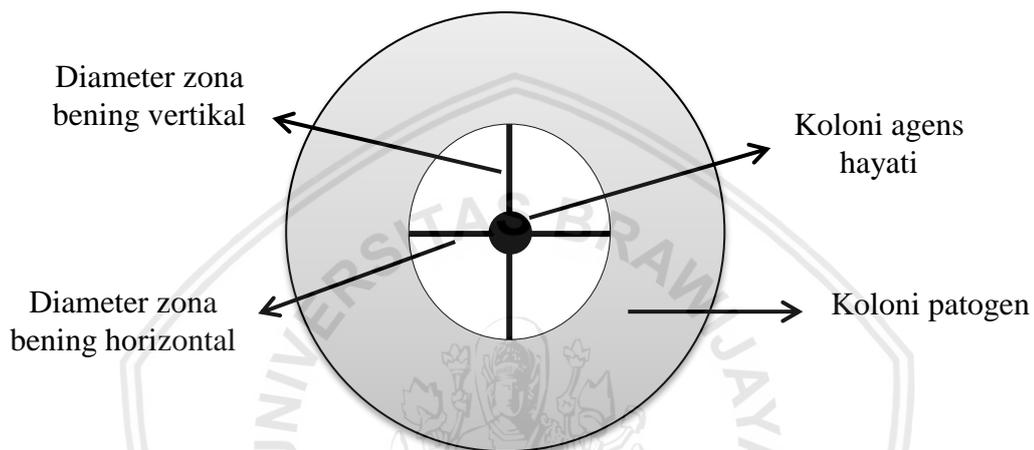
Keterangan:

R = Indeks zona hambat

D_v = Diameter zona bening vertikal

D_h = Diameter zona bening horizontal

0,5 = Diameter koloni agens hayati



Gambar 6. Skema Indeks Penghambatan Bakteri Antagonis terhadap Bakteri Patogen

b. Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman menggunakan penggaris atau meteran mulai dari pangkal hingga ujung tanaman. Hasil pengukuran tinggi tanaman dinyatakan dalam satuan cm. Pengamatan dilakukan setiap 4 hari sekali pada setiap perlakuan yang digunakan.

c. Jumlah Daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan menghitung semua daun mulai dari daun unifoliet sampai daun yang sudah terbuka. Pengamatan jumlah daun dilakukan setiap 4 hari sekali pada setiap perlakuan yang digunakan.

d. Intensitas Penyakit

Penghitungan persentase tanaman yang terserang penyakit layu bakteri menggunakan rumus menurut (Abadi dalam Rahmawanto *et al.*, 2015) yang dinyatakan sebagai berikut:

$$P = \frac{a}{b} \times 100 \%$$

Keterangan :

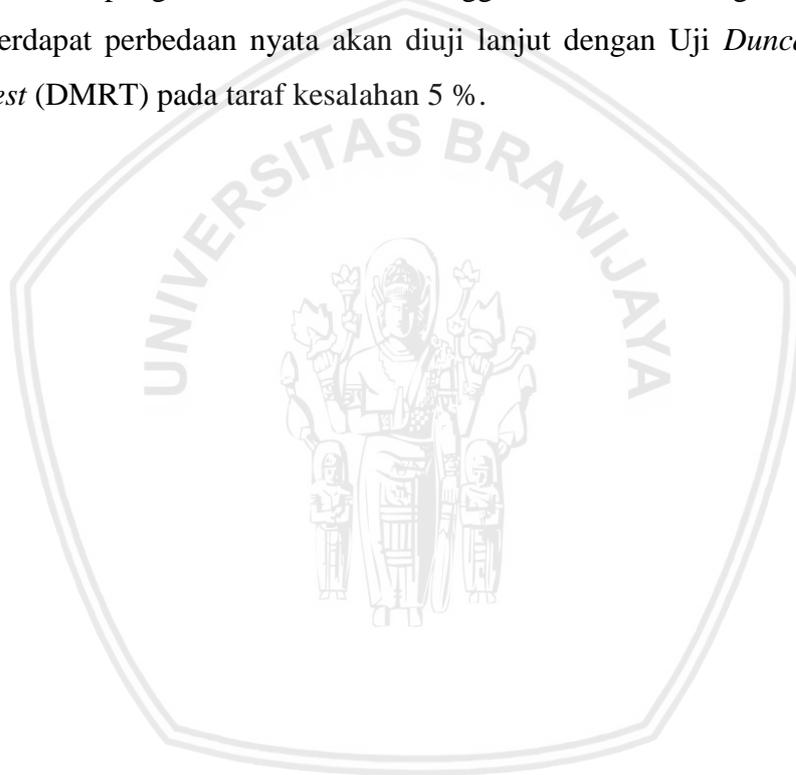
P = Persentase penyakit layu

a = Jumlah tanaman yang terserang penyakit

b = Jumlah tanaman yang diamati

3.6 Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA), apabila terdapat perbedaan nyata akan diuji lanjut dengan Uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kesalahan 5 %.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Isolasi Bakteri Patogen *Ralstonia solanacearum*

Isolasi bakteri patogen *R. solanacearum* dilakukan pada tanaman tomat bergejala penyakit layu bakteri yang berumur \pm 1 bulan. Tanaman tomat yang terinfeksi menunjukkan gejala pada bagian pangkal batang berwarna kecokelatan dan batangnya membusuk. Apabila bagian pangkal batang dibelah mengeluarkan massa bakteri yang berwarna putih ketika dimasukkan dalam aquades steril. Menurut (Semangun, 2004), apabila batang tanaman tomat yang terinfeksi *R. solanacearum* dipotong, dari berkas pembuluh akan keluar massa bakteri seperti lendir berwarna putih susu. Lendir akan lebih banyak keluar bila potongan batang diletakkan di tempat yang lembab. Jika potongan batang sakit dimasukkan ke dalam gelas yang berisi air jernih, setelah ditunggu beberapa menit akan terlihat benang-benang putih halus, yang akan putus bila gelas digoyang (Gambar 7a).

Batang tanaman tomat yang terinfeksi *R. solanacearum* yang telah dicacah dan dimasukkan ke dalam aquades steril, kemudian digoreskan pada media TZC (*Tetrazolium Chloride*). Media TZC merupakan media selektif bakteri *R. solanacearum* yang digunakan untuk membedakan bakteri yang bersifat virulen dan avirulen. Berdasarkan hasil yang didapatkan bakteri yang digoreskan pada media TZC memperlihatkan koloni yang berbentuk tidak teratur, berwarna merah muda pada bagian tengahnya dengan tepian putih (Gambar 7b). Berdasarkan koloni tersebut dapat diketahui bahwa isolat yang didapatkan termasuk dalam bakteri *R. solanacearum* yang bersifat virulen. Menurut Nasrun *et al.*, (2007), bakteri *R. solanacearum* yang bersifat virulen apabila ditumbuhkan pada media TZC dengan inkubasi 24 jam memiliki ciri-ciri koloni berwarna putih, fluidal dengan pusat koloni berwarna merah jambu sedangkan bakteri yang avirulen memiliki ciri koloni berwarna merah tua. Kemudian berdasarkan hasil isolasi tersebut bakteri *R. solanacearum* diperbanyak menggunakan media NA yang digunakan untuk bahan pengujian lebih lanjut.



Gambar 7. Hasil Isolasi Patogen *R. solanacearum*: a. Oose Bakteri ketika Dimasukkan dalam Aquades; b. Koloni Bakteri *R. solanacearum* pada Media TZC

4.2 Hasil Uji Patogenesitas

Uji patogenesitas dilakukan bertujuan untuk membuktikan bahwa isolat yang didapatkan dapat menimbulkan gejala yang sama dengan gejala penyakit yang terinfeksi sebelumnya. Pengujian dilakukan pada tanaman tomat yang berumur \pm 3 minggu setelah pindah tanam (Gambar 8a). Bakteri *R. solanacearum* yang digunakan untuk pengujian berasal dari hasil isolasi yang ditumbuhkan pada media TZC. Gejala awal yang muncul yaitu tanaman layu dari daun yang muda sehingga mengakibatkan batang lunglai. Pada serangan lanjut daun tanaman berubah menjadi kuning, kering dan akhirnya mati (Gambar 8b). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Chen *et al.* dalam Istiqomah (2018), yang menyatakan bahwa tanaman tomat yang terserang layu bakteri akan mengalami gejala tangkai daun merunduk atau layu dan akhirnya tanaman tomat akan mati. Menurut Semangun (2007), gejala awal dari tanaman yang terserang penyakit layu bakteri yaitu beberapa daun muda mengalami kelayuan, daun tua menguning, tanaman menjadi kerdil dan tanaman akan mati.



Gambar 8. Hasil Uji Patogenesitas *R. solanacearum* pada Tanaman Tomat: a. Tanaman Sebelum Diinokulasi; b. Tanaman Sesudah Diinokulasi pada Usia 11 HSI

4.3 Seleksi Uji Antagonisme Isolat Bakteri Rizosfer terhadap *R. solanacearum*

Seleksi uji antagonisme bakteri rizosfer dilakukan untuk mengetahui daya penghambatan yang terbaik terhadap bakteri patogen *R. solanacearum*. Bakteri rizosfer yang digunakan berasal dari 10 isolat bakteri hasil penelitian sebelumnya. Berdasarkan hasil seleksi yang didapatkan menunjukkan bahwa tidak semua bakteri yang digunakan mampu menghambat pertumbuhan patogen *R. solanacearum*. Bakteri rizosfer yang mampu menghambat pertumbuhan patogen *R. solanacearum* terdapat 9 bakteri dengan kemampuan penghambatan yang berbeda-beda (Tabel 2).

Tabel 2. Indeks Penghambatan 10 Isolat Bakteri Rizosfer terhadap *R. solanacearum* secara *in vitro*

Kode Isolat	Zona Bening (mm)
N3 (<i>Bacillus</i> sp.)*	5
N10 (<i>Clostridium</i> sp.)*	5,4
N23 (<i>Xanthomonas</i> sp.)	2,5
N24 (<i>Pseudomonas</i> sp.)*	5,3
N26 (<i>Pantoea</i> sp.)*	5
N27 (<i>Erwinia</i> sp.)	4,8
H13 (<i>Pseudomonas</i> sp.)	0,3
TH16 (<i>Clostridium</i> sp.)	0
TH26 (<i>Erwinia</i> sp.)	0,3
TH37 (<i>Pantoea</i> sp.)	1,3

Keterangan: Tanda (*) menunjukkan isolat yang digunakan dalam pengujian selanjutnya. Pengamatan yang dilakukan selama 24 JSI (Jam setelah inokulasi).

Berdasarkan 10 isolat bakteri yang diuji kemampuan antagonisnya, dipilih empat isolat yang mempunyai diameter zona hambat paling tinggi. Berdasarkan hasil yang didapatkan empat isolat bakteri rizosfer yang menghasilkan daya hambat tertinggi terhadap patogen *R. solanacearum* yaitu isolat bakteri *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N24), dan *Pantoea* sp. (N26). Penghambatan pertumbuhan patogen ditandai dengan terbentuknya zona bening. Apabila zona bening yang dihasilkan semakin besar maka kemampuan penghambatan terhadap patogen semakin tinggi juga. Menurut Cook dan Baker (1983), semakin panjang diameter zona bening yang terbentuk, semakin besar pula tingkat penekanannya terhadap pertumbuhan patogen.

4.4 Hasil Uji Antagonisme Bakteri Rizosfer terhadap Pertumbuhan *R. solanacearum* secara *In Vitro*

Pengamatan uji antagonisme antara bakteri rizosfer terhadap *R. solanacearum* pada cawan petri dilakukan selama tiga hari. Pengamatan dilakukan dengan interval waktu 24 jam pada setiap pengamatannya. Uji antagonisme antara bakteri rizosfer dengan *R. solanacearum* ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening pada setiap perlakuannya. Dengan terbentuknya zona bening merupakan indikasi terjadinya mekanisme antagonis terhadap bakteri patogen. Menurut Klement *et al.* (1990), prinsip mekanisme antagonistik adalah antibiosis dengan produksi toksin maupun metabolit sekunder yang dapat menghambat pertumbuhan patogen dan kompetisi dalam memperebutkan nutrisi. Hasil yang didapatkan pada setiap perlakuan isolat bakteri rizosfer dan bakterisida menghasilkan zona bening yang beragam (Tabel 3).

Tabel 3. Rerata Zona Bening Isolat Bakteri Antagonis terhadap *R. solanacearum*

Perlakuan	Rerata Zona Bening (mm) pada Pengamatan ke-		
	24 JSI	48 JSI	72 JSI
Kontrol	0 a	0 a	0 a
Bakterisida	3,75 c	3,75 c	3,25 d
(N3) <i>Bacillus</i> sp.	3,50 c	2,85 c	1,50 bc
(N10) <i>Clostridium</i> sp.	3,50 c	3,13 c	2,25 c
(N24) <i>Pseudomonas</i> sp.	3,00 c	3,38 c	1,75 bc
(N26) <i>Pantoea</i> sp.	1,25 b	1,25 b	1,00 b

Keterangan: Angka yang diikuti dengan notasi yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5 %

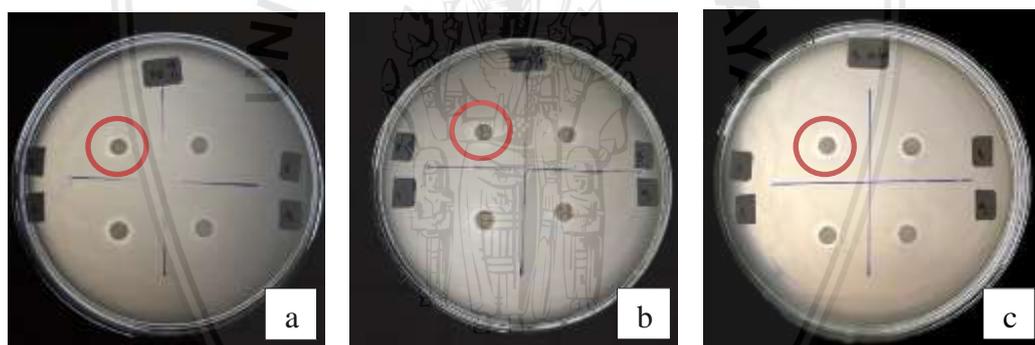
Hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh penghambatan antara isolat bakteri rizosfer terhadap patogen *R. solanacearum* (Gambar 9). Zona penghambatan yang dihasilkan juga berbeda, hal tersebut diduga karena adanya perbedaan kemampuan agens antagonis dalam menghambat pertumbuhan patogen. Perbedaan zona hambat yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh senyawa antibiotik yang dihasilkan bakteri antagonis. Menurut Istiqomah *et al.* (2018), mekanisme penghambatan bakteri antagonis terhadap patogen dengan cara menghasilkan berbagai senyawa metabolit seperti siderofor, kitinase, antibiotik, sianida, dan Induksi Ketahanan Sistemik (ISR).

Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa perlakuan menggunakan bakteri antagonis maupun bakterisida berbeda nyata dengan perlakuan kontrol pada pengamatan 24 hingga 72 JSI. Pada pengamatan 24 dan 48 JSI perlakuan bakteri *Bacillus* sp., *Clostridium* sp., *Pseudomonas* sp. serta perlakuan bakterisida menghasilkan zona hambat yang sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa bakteri antagonis mempunyai kemampuan yang sama dengan bakterisida dalam menghambat pertumbuhan patogen *R. solanacearum* secara *in vitro*. Menurut Djatmiko *et al.* (2007), bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. mempunyai kemampuan yang baik dalam menekan patogen *R. solanacearum* secara *in vitro*. Mekanisme antibiosis dari *Pseudomonas* sp. yaitu menghasilkan antibiotik yang berfungsi menghambat pertumbuhan patogen tular tanah dan menghasilkan metabolik sekunder yang bersifat toksin, serta kemampuannya untuk mengkoloni akar tanaman yang baik. Kemudian mekanisme antibiosis yang dihasilkan oleh genus *Bacillus* spp. yaitu dengan menghasilkan senyawa penghambat seperti antibiotik, peptida, senyawa fenol, enzim, dan siderofor. Menurut Holt *et al.* (1994), bakteri *Clostridium* sp. dapat memproduksi racun yang kuat sehingga menekan pertumbuhan bakteri patogen tanaman.

Pada pengamatan 72 JSI semua perlakuan berbeda nyata dengan kontrol, tetapi zona hambat yang dihasilkan oleh bakteri antagonis dan bakterisida mengalami penurunan. Hal tersebut karena bakteri antagonis tidak mampu mematikan patogen secara permanen sehingga patogen masih mampu tumbuh kembali. Bakteri antagonis yang digunakan bersifat bakteriostatik karena hanya mampu menghambat pertumbuhan patogen. Sesuai dengan pernyataan Istiqomah

et al. (2018), sifat bakteriostatik hanya memberikan efek penghambatan tetapi tidak membunuh bakteri patogen. Menurut Pratiwi dalam Nursaid (2018), streptomisin dan tetrasiklin merupakan jenis antibiotik yang menghambat sintesis protein, sehingga menyebabkan terbentuknya protein abnormal dan nonfungsional.

Bakterisida berbahan aktif streptomisin sulfat diketahui mampu menekan pertumbuhan dan perkembangan patogen *R. solanacearum*. Streptomisin merupakan senyawa antibiotik yang dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman yang disebabkan oleh bakteri maupun jamur pada tanaman sayur-sayuran, buah-buahan, biji-bijian, dan tanaman hias tertentu. Bakterisida tersebut dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh bakteri patogen *R. solanacearum* pada tanaman tomat dan penyakit busuk basah yang disebabkan oleh *Erwinia carotovora* pada tanaman kubis (Raini, 2015).



Gambar 9. Zona Bening yang Dihasilkan oleh Setiap Perlakuan Setelah 48 Jam Inkubasi: a. *Bacillus* sp.; b. *Pseudomonas* sp.; c. Bakterisida

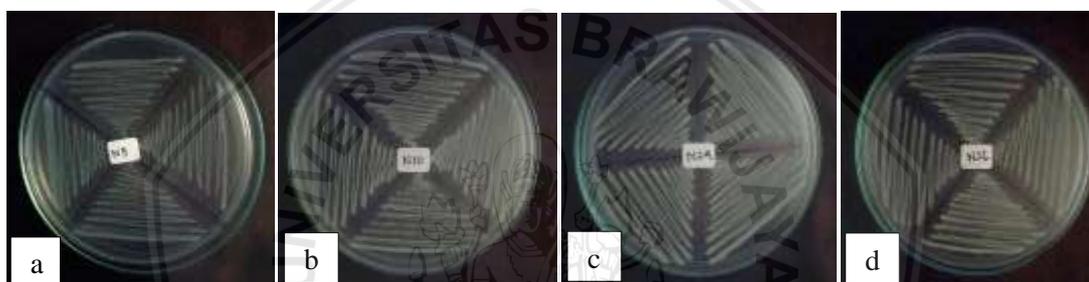
4.5 Hasil Uji Antibiosis Zona Bening Bakteri Antagonis

Berdasarkan hasil sifat antibiosis diketahui bahwa jenis antibiosis yang dihasilkan oleh bakteri antagonis *Bacillus* sp., *Clostridium* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Pantoea* sp. adalah bakteriostatik (Tabel 4). Bakteriostatik hanya memberikan pengaruh penghambatan terhadap bakteri patogen *R. solanacearum*. Hal tersebut menunjukkan bahwa patogen *R. solanacearum* tidak mengalami kematian secara permanen dan masih mampu tumbuh pada media yang mengandung nutrisi (Gambar 10). Sesuai dengan pernyataan Istiqomah *et al.* (2018), bahwa sifat bakteriostatik memberikan efek penghambatan tetapi tidak membunuh bakteri patogen. Menurut Pratiwi (2012), tipe antibiotik bakteriostatik adalah dengan

aktivitas menghambat perkembangan bakteri dan memungkinkan sistem kekebalan inangnya mengambil alih sel bakteri yang dihambat, contohnya tetrasiklin. Sedangkan tipe antibiotik yang bersifat bakterisidal dapat membunuh bakteri dengan cara menghambat pembentukan dinding sel dan bersifat toksik pada sel bakteri, contohnya penisilin.

Tabel 4. Jenis Antibiosis yang Dihasilkan oleh Bakteri Antagonis

Isolat	Jenis Antibiosis
(N3) <i>Bacillus</i> sp.	Bakteriostatik
(N10) <i>Clostridium</i> sp.	Bakteriostatik
(N24) <i>Pseudomonas</i> sp.	Bakteriostatik
(N26) <i>Pantoea</i> sp.	Bakteriostatik



Gambar 10. Hasil Uji Antibiosis Bakteri Antagonis, a. *Bacillus* sp.; b. *Clostridium* sp.; c. *Pseudomonas* sp.; d. *Pantoea* sp.

4.6 Hasil Uji Penghambatan Penyakit Layu Bakteri oleh *R. solanacearum* pada Tanaman Tomat

Berdasarkan hasil pengamatan dapat diketahui bahwa tiap perlakuan mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam menekan patogen *R. solanacearum* (Tabel 5). Sedangkan persentase rerata kejadian penyakit pada perlakuan kontrol nilainya lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan pemberian bakteri antagonis maupun perlakuan dengan bakterisida pada pengamatan 45 HST setelah inokulasi.

Tabel 5. Persentase Rerata Intensitas Penyakit Layu Bakteri yang Disebabkan oleh *R. solanacearum* pada Tanaman Tomat

Perlakuan	Rerata Intensitas Penyakit (%) Setelah Inokulasi pada Pengamatan ke- (HST)					
	25	29	33	37	41	45
Kontrol Aquades	1,25	5,00	11,25	22,50	27,50	35,00 b
Bakterisida	1,25	1,25	6,25	10,00	13,75	20,00 a
(N3) <i>Bacillus</i> sp.	1,25	1,25	5,00	7,50	10,00	13,75 a
(N10) <i>Clostridium</i> sp.	3,75	5,00	12,50	13,75	15,00	21,25 a
(N24) <i>Pseudomonas</i> sp.	5,00	6,25	13,75	16,25	17,50	18,75 a
(N26) <i>Pantoea</i> sp.	0,00	2,50	11,25	11,25	12,50	17,50 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan notasi yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5 %.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa aplikasi bakteri antagonis pada 25 HST hingga 41 HST tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, sedangkan pada pengamatan 45 HST memberikan pengaruh nyata terhadap persentase rerata kejadian penyakit. Rerata kejadian penyakit pada kontrol lebih tinggi dibandingkan perlakuan bakteri antagonis maupun bakterisida. Perlakuan bakteri antagonis dan bakterisida mempunyai kemampuan yang sama dalam menghambat pertumbuhan patogen *R. solanacearum* dibandingkan dengan kontrol pada pengamatan 45 HST. Gejala yang muncul pada tanaman yang terserang yaitu daun tanaman menguning, terdapat tanaman yang mengerdil, tangkai tanaman mengalami kelayuan dan selanjutnya tanaman kering kemudian mati (Gambar Lampiran 2). Menurut Hidayati *et al.* (2012), gejala pada tanaman terserang *R. solanacearum* yaitu daun tanaman berubah menjadi kekuningan yang akhirnya mengering dan tanaman layu pada bagian pucuk hingga ke seluruh bagian tanaman. Gejala kelayuan muncul secara mendadak dan dapat menyebabkan kematian tanaman dalam waktu yang singkat. Kelayuan terjadi karena bakteri *R. solanacearum* mengeluarkan senyawa eksopolisakarida berlebihan di dalam pembuluh xilem yang mengakibatkan proses pengangkutan aliran air dan mineral menjadi terhambat.

Bakteri *Bacillus* sp. menghasilkan persentase tingkat kejadian penyakit sebesar 13,75 pada pengamatan 45 HST. Menurut Mehrotra dalam Mugiastuti *et al.* (2012), mekanisme penekanan oleh genus *Bacillus* sp. adalah antibiosis, dengan menghasilkan antibiotika bulbiformin yang beracun terhadap berbagai

patogen tanaman. Lebih lanjut Burrow dalam Mugiastuti *et al.* (2012) menyatakan bahwa sejumlah antibiotika yang dihasilkan oleh *B. subtilis* antara lain basitrasin, subtilin, dan basilin. Hasil penelitian Istiqomah *et al.* (2018) menyatakan bahwa *B. subtilis* dan *P. fluorescens* mampu melarutkan fosfat, memproduksi antibiotik, dan memproduksi siderofor. Hal tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan tanaman sehingga berimbas pada peningkatan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. Kemudian hasil pengujian yang telah dilakukan oleh Hanudin & Marwoto dalam Hanudin *et al.* (2012) bahwa aplikasi *Bacillus* sp. dan *P. fluorescens* dapat mengendalikan penyakit layu bakteri dalam skala pengujian di laboratorium, rumah kaca maupun lapangan.

Bakteri *Pseudomonas* sp. menghasilkan persentase tingkat kejadian penyakit sebesar 18,75 pada pengamatan 45 HST. Menurut Mugiastuti *et al.* (2012), bakteri antagonis *P. fluorescens* dilaporkan mampu menghasilkan metabolit sekunder antara lain siderofor, pterin, pirol, dan fenazin. Siderofor dapat berperan sebagai fungistasis dan bakteristatis, serta menginduksi ketahanan sistemik tanaman. Jatnika *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa siderofor berfungsi menginduksi tanaman untuk menghasilkan asam salisilat yang berperan sebagai transduksi signal yang mengaktifkan gen-gen penginduksi pembentukan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. Perlakuan bakteri antagonis seperti *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. dapat memberikan sistem pertahanan, karena kedua bakteri tersebut dapat mengeluarkan senyawa antibiosis yang mampu memberikan sinyal terhadap tanaman yang terserang agar melakukan pertahanan diri.

Bakteri *Clostridium* sp. menghasilkan persentase tingkat kejadian penyakit sebesar 21,25 pada pengamatan 45 HST. Menurut Holt *et al.* (1994), bakteri *Clostridium* sp. dapat memproduksi racun yang kuat sehingga dapat menekan pertumbuhan bakteri patogen tanaman. Selain itu Prayudyaningsih *et al.* (2015) menyatakan bahwa bakteri dari genus *Clostridium* sp. dapat berfungsi sebagai bakteri pelarut fosfat. Bakteri pelarut fosfat berperan dalam melarutkan fosfat organik dan anorganik menjadi fosfat terlarut sehingga dapat digunakan oleh akar tanaman dan mikroba tanah lainnya yang dapat memacu pertumbuhan tanaman dan meningkatkan ketahanan tanaman.

Bakteri *Pantoea* sp. menghasilkan persentase tingkat kejadian penyakit sebesar 17,50 pada pengamatan 45 HST. Menurut Soesanto (2008), beberapa bakteri genus *Pantoea* sp. memiliki sifat antagonistik seperti *Pantoea agglomerans* yang telah digunakan dalam pengendalian hayati *Rhizoctonia solani* dan penyakit layu Stewart pada tanaman jagung. Mahartha *et al.* (2013) juga mengemukakan bahwa beberapa strain dari bakteri *Pantoea agglomerans* mampu menghasilkan senyawa antibiotik herbicidin, pantocin, dan phenazine yang dapat menghambat pertumbuhan patogen tanaman.

Bakterisida menghasilkan persentase tingkat kejadian penyakit sebesar 20,00 pada pengamatan 45 HST. Menurut Pratiwi (2008), streptomisin merupakan jenis antibiotik yang menghambat produksi protein esensial yang dibutuhkan bakteri untuk bertahan hidup. Antibiotik streptomisin dan tetrasiklin dihasilkan dari bakteri *Streptomyces* sp. yang dapat dimanfaatkan untuk menekan penyakit layu pada tanaman. Hasil penelitian Manan *et al.* (2018) menunjukkan bahwa streptomisin sulfat cukup efektif dalam menekan penyakit layu bakteri *R. solanacearum* pada tanaman tomat.

4.7 Pengaruh Aplikasi Bakteri Rizosfer terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat

Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil pengamatan dapat diketahui bahwa tinggi tanaman tomat yang didapatkan beragam pada setiap perlakuan (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil Rerata Tinggi Tanaman Tomat Setelah Inokulasi Patogen *R. solanacearum*

Perlakuan	Rerata Tinggi Tanaman (cm) Setelah Inokulasi pada Pengamatan ke- (HST)					
	25	29	33	37	41	45
Kontrol	34,54	36,70	40,14	42,36	41,35	39,32 a
Bakterisida	37,52	39,38	42,78	43,74	46,80	48,80 abc
(N3) <i>Bacillus</i> sp.	37,67	40,51	42,94	44,80	50,73	55,97 c
(N10) <i>Clostridium</i> sp.	35,11	37,67	41,60	43,66	47,50	51,75 bc
(N24) <i>Pseudomonas</i> sp.	32,87	34,42	39,99	43,96	46,90	51,22 bc
(N26) <i>Pantoea</i> sp.	33,35	36,04	38,64	40,95	42,64	44,03 ab

Keterangan: Angka yang diikuti dengan notasi yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5 %.

Pada pengamatan 25 Hingga 41 HST rerata tinggi tanaman tidak menunjukkan perbedaan nyata pada tiap perlakuan. Sedangkan pada pengamatan 45 HST perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan bakteri antagonis dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman. Pada perlakuan kontrol didapatkan hasil berbeda nyata terhadap perlakuan bakteri *Bacillus* sp, *Clostridium* sp., dan *Pseudomonas* sp. Menurut Sihombing *et al.* (2018), bakteri *Bacillus* sp. mampu memacu pertumbuhan tinggi tanaman dengan mensintesis hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) yang membantu merangsang pertumbuhan akar. Dengan perkembangan akar yang baik maka penyerapan unsur hara menjadi optimal. Menurut Mugiastuti *et al.* (2012), bakteri *Bacillus* sp. mampu menghasilkan senyawa fitohormon seperti auksin, sitokinin, etilen, giberelin dan asam absisat yang mampu merangsang pertumbuhan tanaman, dan akhirnya berdampak pada peningkatan hasil. Kemampuan *Bacillus* sp. juga diketahui mampu digunakan sebagai PGPR yang memacu pertumbuhan tanaman, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit (ISR: *induce systemic resistant*) dan akhirnya mampu meningkatkan hasil tanaman. Menurut Tinendung *et al.* (2014), bakteri seperti *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. mampu menghasilkan hormon pertumbuhan yang dapat memacu pertumbuhan tinggi tanaman karena termasuk dalam kelompok bakteri *plant growth promoting rhizobacteria* yang mendorong pertumbuhan tanaman dengan merangsang pertumbuhan akar lateral yang berfungsi menyerap air dan nutrisi yang lebih optimal sehingga pertumbuhan tanaman meningkat. Menurut Prayudyarningsih *et al.* (2015), bakteri *Clostridium* dan *Pseudomonas* sp. juga dapat berfungsi sebagai bakteri pelarut fosfat. Bakteri pelarut fosfat berperan dalam melarutkan fosfat organik dan anorganik menjadi fosfat terlarut sehingga dapat digunakan oleh akar tanaman dan mikroba tanah lainnya yang dapat memacu pertumbuhan tanaman.

Jumlah Daun

Berdasarkan hasil pengamatan dapat diketahui bahwa jumlah daun tanaman tomat yang didapatkan beragam pada setiap perlakuan (Tabel 7).

Tabel 7. Hasil Rerata Jumlah Daun Tanaman Tomat Setelah Inokulasi Patogen *R. solanacearum*

Perlakuan	Rerata Jumlah Daun (Helai) Setelah Inokulasi pada Pengamatan ke- (HST)					
	25	29	33	37	41	45
Kontrol	20,36	23,75	26,44	28,16	29,87 a	31,02 a
Bakterisida	23,10	24,78	27,02	29,54	30,92 a	32,09 a
(N3) <i>Bacillus</i> sp.	23,48	28,01	30,70	32,18	40,05 b	44,36 b
(N10) <i>Clostridium</i> sp.	22,52	24,72	26,94	29,82	33,44 ab	33,96 a
(N24) <i>Pseudomonas</i> sp.	20,39	23,53	28,19	32,53	34,52 ab	34,77 a
(N26) <i>Pantoea</i> sp.	20,78	24,30	25,89	27,90	29,28 a	30,66 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan notasi yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5 %.

Dari hasil analisa ragam pada pengamatan 25 hingga 37 HST jumlah daun tanaman tomat menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata di setiap pengamatan yang dilakukan. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian aplikasi bakteri antagonis tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman tomat. Akan tetapi, pada pengamatan ke 41 dan 45 HST menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada perlakuannya. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan bakteri antagonis berpengaruh terhadap jumlah daun tanaman tomat.

Perlakuan yang tertinggi dalam meningkatkan jumlah daun tanaman yaitu perlakuan bakteri *Bacillus* sp pada pengamatan 45 HST. Rerata jumlah daun yang menggunakan perlakuan *Bacillus* sp. mencapai 44 helai daun pada pengamatan terakhir. Menurut Tinendung *et al.* (2014), bakteri *Bacillus* sp. mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman yang dikenal juga sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR) karena menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman, seperti auksin, giberelin, sitokinin dan IAA. Hormon IAA yang dihasilkan *Bacillus* sp. berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dengan merangsang pembelahan sel dan pengatur pembesaran sel serta memacu menyerap air dan nutrisi yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Pada pengujian yang telah dilakukan sebelumnya bakteri *Bacillus* sp. membantu memfiksasi nitrogen dan mengkolonisasi akar. Unsur nitrogen sangat

dibutuhkan tanaman untuk pembentukan daun karena dengan ketersediaan unsur nitrogen maka proses fotosintesis akan meningkat dan fotosintat yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk pembentukan organ vegetatif (Prihatiningsih *et al.*, 2017). Tanaman yang cukup memperoleh suplai nitrogen maka daun akan tumbuh lebih lebar sehingga proses fotosintesis akan berjalan dengan lancar dan biomassa total tanaman menjadi lebih banyak (Sudartiningsih *et al.*, 2002).



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan 10 isolat bakteri rizosfer UB Forest diketahui 9 isolat bersifat antagonis terhadap *R. solanacearum*, selanjutnya 4 isolat bakteri yang memiliki sifat antagonis tertinggi digunakan untuk pengujian lanjut yaitu *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), *Pseudomonas* sp. (N24), dan *Pantoea* sp. (N26).
2. Pengujian bakteri antagonis mampu menghambat pertumbuhan patogen *R. solanacearum* secara *in vitro* dan mekanisme antibiosisnya bersifat bakteriostatik.
3. Perlakuan bakteri antagonis dan bakterisida mampu menekan penyakit layu bakteri dibandingkan dengan kontrol pada pengamatan 45 HST.
4. Isolat bakteri *Bacillus* sp. (N3), *Clostridium* sp. (N10), dan *Pseudomonas* sp. (N24) memiliki kemampuan dalam meningkatkan tinggi tanaman, serta isolat bakteri *Bacillus* sp. (N3) mampu meningkatkan pertumbuhan jumlah daun tanaman.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perlakuan konsorsium bakteri antagonis dan uji sinergisme antar isolat bakteri, agar didapatkan formulasi konsorsium bakteri antagonis yang mampu bekerja dengan efektif.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai peningkatan dosis aplikasi bakteri antagonis, agar bakteri antagonis dapat bekerja lebih optimal serta dapat dikembangkan sebagai agens pengendalian hayati dan pemacu pertumbuhan tanaman.